

I GIS per rilevare i fenomeni urbani: analisi di accessibilità e centralità delle aree metropolitane

Maria Somma

Università Federico II di Napoli, Via Forno Vecchio, 3467630493 -mals.somma@gmail.com

Abstract

Il presente contributo presenta i risultati raggiunti durante un lavoro di ricerca presso il Centro interdipartimentale di ricerca Laboratorio di Urbanistica e di Pianificazione del Territorio "Raffaele d'Ambrosio" (LUPT) relativo allo studio della rete stradale dell'area metropolitana in ambiente GIS con *tool di network analysis* per individuare il sistema delle centralità secondo un'organizzazione gerarchica e secondo specializzazioni di tipo funzionale, rientrante nel progetto "Consumo di suolo e pianificazione della Città metropolitana di Napoli". A tal riguardo, è stato ricostruito il sistema della rete stradale dell'area metropolitana di Napoli per determinare un nuovo network dataset che fosse privo di errori di sovrapposizione di doppi nodi ed archi, ossia riconoscesse gli incroci reali, i sottopassi e sovrappassi, i cavalcavia.

Introduzione

Negli ultimi anni la ricerca nella pianificazione urbanistica si è sempre di più concentrata sullo studio dei fenomeni urbani, rispetto alla disponibilità di dati forniti dalle odierne amministrazioni. Sovente, si è ravvisata la necessità di interpretare il fenomeno urbano attraverso lo studio e la comprensione della forma e delle sue componenti, che compongono la struttura complessa della città; verificando anche se la rapidità con cui essa si modifica va di pari passo con l'aggiornamento delle banche dati. La novità rivoluzionaria dei nostri tempi non è il cambiamento, ma la rapidità con cui questo avviene. I problemi cambiano con le persone; e tanto più in fretta esse mutano, altrettanto rapidamente si modificano i problemi. È in tal senso che la città è considerata come un vero e proprio organismo vivente, che va oltre la semplice sommatoria anagrafica dei suoi cittadini. In quest'ottica occorrono, strumenti di supporto alle decisioni, che siano in grado di gestire e aggiornare un'enorme quantità di dati ed elaborare una serie di informazioni utili per i processi di pianificazione territoriale, analizzando ogni strato del territorio, al fine di determinare uno sviluppo che non punti solo alla quantità, ma anche alla qualità. Pertanto, utilizzando una recente toolbox di analisi urbana, la "*Urban Network Analysis toolbox - UNA*" (Sevtsuk A., 2010) è possibile relazionare le proprietà spaziali della città ad alcuni dati forniti dall'Istat, confrontando il cambiamento morfologico del territorio attraverso il peso che le infrastrutture hanno sul sistema insediativo. Questo strumento consente di gestire un'enorme quantità di dati, elaborando una serie di informazioni che possono definirsi utili per i processi di pianificazione territoriale, fungendo da supporto alle decisioni. In particolare, restituisce il grado di centralità e accessibilità di un edificio o di un nodo della rete che va a costituire l'assetto del territorio.

Le analisi di rete

I concetti di analisi di rete sono stati utilizzati per la progettazione e la pianificazione delle città per diversi decenni. Fino a poco tempo fa erano comuni solo in applicazioni altamente specializzate: problemi di pianificazione delle catastrofi, di localizzazione delle strutture critiche e di progettazione di infrastrutture di trasporto relative a fattori di spostamento-costo. Gli sforzi per applicare le analisi di rete alla progettazione di edifici, spazi pubblici e quartieri urbani risalgono agli anni '60, ma solo negli ultimi dieci anni, gli strumenti e i dati necessari per il loro uso sono stati resi disponibili ad architetti e progettisti. La maggior parte del lavoro nell'analisi delle reti urbane si è basata su metodi originariamente sviluppati per i network sociali. Tuttavia, ci sono importanti adeguamenti nell'applicare i metodi di analisi dei network sociali allo spazio urbano. In questi network, ad esempio, le connessioni tra gli elementi di rete sono descritte in modo topologico ed ha poca importanza la geometria e la geografia delle relazioni. Gli studiosi dell'ambiente costruito, d'altra parte, sono interessati a precise relazioni geografiche di una rete spaziale, in cui, distanze, angoli e tempi di percorrenza sono fondamentali per descrivere le adiacenze e le distanze tra i luoghi. In secondo luogo, mentre nei social network la ponderazione degli elementi di rete era rara, risulta fondamentale negli studi sulla rete spaziale. Ad esempio, una strada fiancheggiata da piccole case unifamiliari ha un effetto diverso su un quartiere rispetto ad una strada che si trova a ridosso di grattacieli. Anche per la densità abitativa e per gli indici di occupazione può risultare un differente indice di centralità. Queste particolarità hanno portato i ricercatori a personalizzare sia la rappresentazione delle reti urbane, sia le metriche su di esse. Questo studio intende personalizzare la ricerca puntando sulla struttura delle strade ed escludendo a priori l'analisi fatta per edifici. Inoltre, la teoria dei grafi tra i pianificatori e le sue diverse applicazioni spaziali è stata adottata per l'analisi dei trasporti e successivamente anche per l'analisi e la rappresentazione dei piani. Gli studiosi Hillier e Hanson hanno scelto di rappresentare le strade non come linee centrali, ma come linee assiali definite come linee più lunghe e più corte che possono essere disegnate tra gli spazi di un'area di studio. A differenza delle tipiche applicazioni della teoria dei grafi, i ricercatori della *Space Syntax* hanno adottato una rappresentazione a doppio grafo, in cui le strade vengono rappresentate come nodi e le loro intersezioni come bordi. La doppia rappresentazione introduce anche un altro problema per la *Space Syntax*; in quanto le strade che sono rappresentate come nodi si riducono in punti senza una precisa dimensione ed eliminano in modo efficace la distanza metrica dall'analisi. I ricercatori di tale metodo affrontano questo problema attraverso un grafo topologico misurando il tempo che si impiega per spostarsi da una linea all'altra e quindi, conteggiando le linee attraversate (cioè i gradi di separazione) come una metrica di prossimità. A questo, si aggiungono diversi altri approcci di analisi delle reti stradali, come ad esempio il metodo MCA. Ciò premesso, si è cercato di strutturare lo studio, utilizzando il metodo UNA, considerando come variabili fondamentali la densità di popolazione e di occupazione per individuare il grado di accessibilità di un territorio in funzione alle infrastrutture di trasporto su gomma.

La toolbox Urban Network Analysis

Lo strumento di analisi UNA nasce con lo scopo di studiare le relazioni sociali nel contesto urbano per comprendere il funzionamento delle nostre città individuando la distribuzione spaziale delle centralità rispetto ai sistemi stradali, necessari per lo studio dell'intera forma del sistema urbano metropolitano. Inoltre, include una serie di funzionalità che completano i precedenti modelli attraverso un nuovo quadro rappresentativo composto da nuovi indici di rete che rendono la misurazione della centralità della rete accessibile a un vasto pubblico. Questo strumento è rivolto ad architetti, urbanisti, geografi e agli analisti spaziali che sono interessati a studiare le configurazioni spaziali della città ed i loro processi sociali, economici ed ambientali connessi. Il Plug-in, rappresenta astrattamente la realtà fisica dell'ambiente urbano come una combinazione di tre elementi: i collegamenti che rappresentano i percorsi lungo i quali possono verificarsi viaggi; i nodi o le intersezioni in cui i percorsi si incrociano formando uno spazio pubblico; gli edifici o gli elementi poligonali e puntuali che rappresentano i punti di destinazione finali in cui il movimento delle persone, delle merci e delle informazioni inizia o finisce. Inoltre, è organizzato in due differenti strumenti: *centrality* - che basa la sua applicazione su metodi matematici attribuendo ad ogni nodo della rete una scala di importanza permettendo di effettuare cinque diversi tipi di analisi (*Reach*, *Gravity*, *Betweenness*, *Closeness* e *Straightness*) - e *redundancy* che individua il percorso più breve da un punto A di partenza ad un punto B di arrivo della rete prendendo come parametri di valutazione alcuni criteri scelti a priori e trascurando la lunghezza dell'arco della rete e i tempi necessari a percorrerli. Le misure di centralità della rete sono indici capaci di captare una serie di interessanti fenomeni urbani. La toolbox UNA introduce una rappresentazione ponderata di elementi di rete spaziale. Ogni strada ottiene una serie di attributi che la collegano al territorio e alle caratteristiche proprie della struttura urbana. Gli attributi possono catturare tutte le proprietà misurabili delle strutture che li circondano: velocità; mix di insediamento; numero di residenti o posti di lavoro. Le misure di centralità della rete sono metodi matematici utili a quantificare l'importanza di ciascun nodo in un grafo. Le metriche di centralità si concentrano principalmente sulla centralità di ciascun elemento grafico rispetto agli elementi circostanti e sono analoghe alle misure di accessibilità spaziale applicate alla rete piuttosto che allo spazio euclideo. La toolbox può essere utilizzata per calcolare cinque diversi tipi di metriche di centralità su reti spaziali:

1. *Reach*: rappresenta la portata di un nodo ed è tarata per misurare l'accesso a qualsiasi destinazione (intersezioni, edifici o altri nodi) all'interno di un luogo dato. L'utilizzo dei pesi consente di calcolare quanti attributi (residenti, posti di lavoro...) possono essere raggiunti all'interno di un dato raggio di rete, e quindi valuta il gradiente di accessibilità all'interno di un determinato raggio di ricerca:

$$Reach^r[i] = \sum_{j \in -\{i\}; d[i,j] \leq r} W[j] \quad [1]$$

2. *Gravity*: misura il peso che hanno le infrastrutture nel determinare una forma urbana. Basata sull'intuizione che un centro quanto più è popoloso, più è centrale. La gravità è direttamente proporzionale alla massa ed

inversamente proporzionale alla distanza, più ci si allontana dall'intersezione meno essa gravita:

$$Gravity^r[i] = \sum_{j \in G - \{i\}; d[i,j] \leq r} \frac{W[j]}{e^{\beta \cdot d[i,j]}} \quad [2]$$

3. **Betweenness**: descrive la posizione di centralità di un nodo se si trova tra molti altri. Definito come la trazione di percorsi più brevi tra coppie di altri nodi della rete che passano per quel nodo:

$$Betweenness^r[i] = \sum_{j,k \in G - \{i\}; d[i,k] \leq r} \frac{n_{jk}[i]}{n_{jk}} \cdot W[j] \quad [3]$$

4. **Closeness**: misura la media delle distanze di un nodo rispetto agli altri nodi vicini ai centri abitati entro una determinata distanza, al fine di ottenere una misura della rapidità di raggiungimento degli stessi, stimando i percorsi più brevi (*Sabiadussi, 1966*):

$$Closeness^r[i] = \frac{1}{\sum_{j,k \in G - \{i\}; d[i,k] \leq r} (d[i,j]) \cdot W[j]} \quad [4]$$

5. **Straightness**: illustra quali località sono più vicine a tutte le altre posizioni lavorando sulla morfologia:

$$Straightness^r[i] = \sum_{j \in G - \{i\}; d[i,k] \leq r} \frac{\delta[i,j]}{d[i,j]} \cdot W[j] \quad [5]$$

Le applicazioni per la misurazione della rete offerte negli strumenti sono in rapida crescita rispetto alla disponibilità di dati geo spaziali e miglioramenti nella potenza del calcolo. Tali misure, consentono di indagare l'interazione tra la forma urbana e i modelli di attività. Concentrandosi sugli effetti della forma urbana, dei modelli di utilizzo del territorio o di una loro combinazione, ogni attributo di una città può essere misurato indipendentemente e intuitivamente secondo i vincoli della geometria urbana. La ponderazione delle metriche di centralità focalizza l'analisi esclusivamente sulla geometria bidimensionale e tridimensionale della forma urbana. I risultati sono, in questo caso, interamente determinati dalla configurazione spaziale dell'ambiente costruito e possono essere modificati solo se i nodi, le strade o le intersezioni dell'ambiente vengono alterati. L'utilizzo del toolbox rispetto agli indici di centralità (UNA) è strutturato in circa 6 fasi di calcolo, che possono variare a seconda del risultato che si vuole ottenere. La fase generale di calcolo prevede la costruzione di una matrice di adiacenza tra tutti i nodi della rete di input del grafo che rappresenta le relazioni e le distanze che si hanno tra i nodi. A questa fa seguito la costruzione del grafo stradale della rete del territorio metropolitano composto di archi e nodi, ossia i suoi confini ed i suoi incroci in particolare la rete principale, secondaria e locale che oltre a fungere da collegamento intercomunale, va a conformare la struttura del territorio. Vi è poi l'aggiornamento della tabella attributi con campi numerici relativi ai limiti di velocità ed al tempo di percorrenza in ore e minuti calcolati in funzione della velocità ammesse sui diversi tratti stradali (130 km/h per le autostrade, 110km/h e 80km/h per le strade provinciali e statali, 50 km/h per le locali). Tutto ciò rappresenta la base per la creazione di un nuovo *network dataset*, che risulterà fondamentale per lo sviluppo delle nuove centralità. Ciò

che differenzia questo strumento dai precedenti sulle analisi di rete, è l'introduzione di un terzo elemento come parametro di valutazione, ossia gli edifici. Poiché, da precedenti analisi era emerso che a scala metropolitana non risultava esaustivo utilizzare quest'ultimi in quanto carenti di informazioni, si è deciso di utilizzare i dati del 15° Censimento della Popolazione elaborati dall'Istat per l'anno 2011 per descrivere e valutare la struttura insediativa della città metropolitana di Napoli attraverso la densità, orientando le analisi del grado di accessibilità e centralità della rete infrastrutturale viaria, sul peso che tali variabili hanno apportato nel tempo. Le classi funzionali sono state stabilite a seguito di valutazione che tengono conto di studi e prassi consolidate e dalla soglia di abitanti per ettaro, definita come densità ottimale degli insediamenti da provvedimenti sia nazionali che regionali. Inoltre, c'è da precisare che per restituire il grado di accessibilità e di vicinanza del territorio metropolitano, sono stati utilizzati solo due dei 5 indici di centralità ossia l'indice di *Gravity* e di *Betweenness*.

Le applicazioni sul territorio: l'indice di Gravity e Betweenness

Secondo le leggi fisiche, la gravità è una forza di attrazione che esiste fra due qualsiasi masse, corpi o particelle e per cambiare la velocità o la direzione del moto di un oggetto è necessaria una forza (Newton, 1642); rappresenta il grado di centralità di ciascun nodo rispetto agli altri nodi della rete che costituiscono l'inverso della distanza cumulativa necessaria per raggiungere da un punto tutti gli altri punti della rete utilizzando il percorso più breve. Invece, l'accessibilità di un nodo della rete è inversamente proporzionale alla distanza tra i punti e inversamente proporzionale alla capacità attrattiva del nodo determinata da un peso ad esso assegnato in funzione di parametri urbanistici quali la destinazione d'uso, la densità demografica, la presenza di attività commerciali. Nel caso della città Metropolitana di Napoli, ogni nodo è stato pesato in funzione alla popolazione residente al 2011, ipotizzando che ciascun nodo serve la popolazione nella sezione censuaria in cui si è localizzato. La prima considerazione è stata quella di verificare se dove vi erano i centri abitativi più popolosi vi era anche maggiore concentrazione di infrastrutture, e quindi il grafo stradale risultava più fitto così facendo considerando questo fattore, è stata calcolata la centralità attraverso la creazione una matrice in cui la popolazione rappresentava uno dei pesi incidenti sulle infrastrutture. Il risultato ottenuto (*Fig.1*) determina un tessuto nuovo composto da centralità in gran parte del territorio napoletano, nelle zone del Giuglianese che si connettono con il territorio Aversano e in alcune località dei comuni Vesuviani. Partendo da centralità di piccole dimensioni, man mano che ci si avvicina ai territori urbani, e quindi il tessuto infrastrutturale si infittisce, queste aumentano considerevolmente, e ciò si constata anche dal fatto che le dimensioni delle centralità si vanno ad ingrandire. Nello specifico sono state considerate alcune zone differenti: la prima è quella afferente ai comuni di San Sebastiano al Vesuvio, Pollena Trocchia, Massa di Somma e Cercola in cui le centralità sono dovute ad una fitta concentrazione di infrastruttura di diversa tipologia e alla densità di popolazione. Infatti, si è dimostrato che molte delle centralità analizzate risultano coincidere proprio con quelle aree maggiormente popolate; la seconda afferisce a Napoli nord ed in particolare viene analizzato il comune di

Sant'Antimo. Anche in questo caso, l'area risulta essere abbastanza centrale, in quanto oltre al peso che può dare la popolazione, anche qui, la presenza di infrastrutture, non solo locali, va a determinarle.

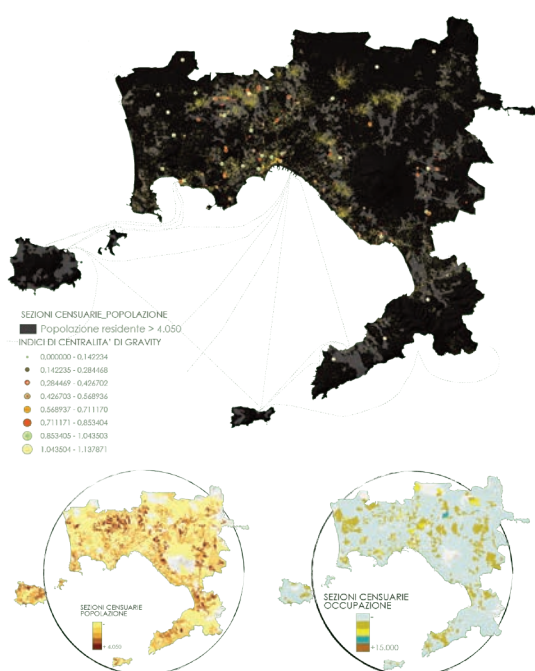


Figura 1- Centralità di Gravity

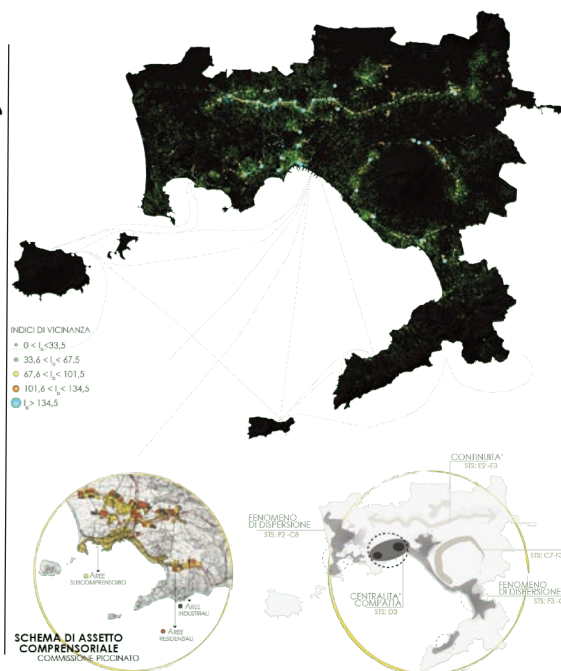


Figura 2 - Centralità di Betweenness

Relativamente al fenomeno di diffusione delle città non si era mai affrontata la questione di studiare la forma di una città attraverso tecnologie all'avanguardia che portassero a considerare alcuni fenomeni per la determinazione della forma della città. Lo studio sulle centralità di vicinanza (Fig.2) - *Betweenness* - è l'emblema assoluto di ricerca sulla forma di una città, prendendo in considerazione il peso che possono avere le infrastrutture sul territorio. Stima il potenziale dei passanti in diversi punti della rete considerando alcuni indici rispetto alle strade. In figura si evincono differenti tipi di centralità determinate anche dalla lunghezza degli archi e quindi, a differenti tessuti urbani corrispondono differenti tipologie di centralità. Le centralità risultano concentrarsi nel comune napoletano, in particolare nei punti di accesso a Napoli, lungo la costa del Vesuvio, dove si forma un vero e proprio anello circolare che abbraccia tutto il Monte Vesuvio, ed altre determinate da nodi che risultano essere adiacenti tra di loro nell'area flegrea e nella penisola sorrentina. In questo caso l'incidenza è di minor peso. È caratteristico l'asse nell'area nord di Napoli che va da Giugliano in Campania fino a Tufino in cui la fitta rete di strade determina maggiori centralità determinando un fenomeno di continuità, riscontrato anche da Luigi Piccinato in uno schema di assetto comprensoriale dove proponeva la costruzione di un insieme di insediamenti residenziali e produttivi organizzati in un sistema policentrico disposto lungo un nuovo asse viario di collegamento tra il Litorale Domizio e Nola. Questa trama è data dalla forte espansione urbana che ha preso sempre più piede negli anni. Nell'area napoletana si formano centralità compatte con indici differenti, determinate anche dal tessuto a scacchiera che va a determinare archi di infrastruttura di pochi metri, che conseguentemente vanno a creare una fitta rete di nodi. Nello

specifico si creano diverse centralità dovute sia al tessuto che al tipo di infrastruttura presente: di dispersione in cui convergono i territori della Penisola Sorrentina (la morfologia del territorio determina un tessuto urbanizzato a macchia ad olio), i comuni Flegrei e vesuviani, notando quasi una rottura con il tessuto urbano napoletano ed una continuità con i territori che da Castellammare portano alla Penisola Sorrentina; a corona circolare che abbraccia il Vesuvio alle sue pendici e che fa da diramazione verso i centri abitativi; compatta riferita al comune napoletano e continua relativa allo sviluppo del tessuto urbano dall'entroterra giugliese fino al nolano.

Conclusioni

Alla luce delle diverse analisi svolte, i risultati che emergono, potrebbero rappresentare il fondamento per altri utilizzi pratici nella pianificazione urbana e territoriale. Nonostante l'estrema frammentazione del grafo, aggiornata e migliorata, le centralità non germogliano in modo sparso, ma formano percorsi ed aree leggibili, ordinati in una distribuzione spaziale gerarchica. I percorsi e le aree di livello simile di centralità emergono nel complesso sistema urbano secondo alcune regole interne che variano da indice ad indice, dando luogo ad una gerarchia multifattoriale di città. I luoghi urbani che sono centrali in termini di vicinanza possono essere non centrali in termini di accessibilità, e così via. Insomma, ci sono diversi modi per dire che un luogo nella città è centrale rispetto ad un altro. Inoltre, la geografia delle centralità che emerge per un determinato indice calcolato a livello globale (cioè che riferisce ogni nodo per tutti gli altri nodi nel sistema) si differenzia in genere, da quello calcolato, per lo stesso indice, alla scala locale (ogni nodo è collegato ad un sottoinsieme di nodi situati all'interno di una certa distanza "d" da esso). Ciò significa che, un posto può essere diverso sia per i differenti tipi di centralità, che per le diverse dimensioni spaziali. Se si analizza una sola località, senza rapportarla alle altre, i risultati cambiano, in quanto si analizzano e prendono in considerazione solo alcuni fattori (diversi tipi di strade) che daranno gradienti di centralità rapportati a tali fattori, e quindi differenti rispetto a quando si considera un intero territorio a scala metropolitana. Non tutte le strutture della città sono complesse allo stesso modo e nella stessa misura. Si notano differenze anche per quelle pianificate ed auto-organizzate. Le prime mostrano una geometria precisa per le loro strade, le quali risultano regolarmente distanziate ed orientate in modo da riconoscere forme di geometria euclidea come triangoli, rettangoli o pentagoni. Per quelle auto-organizzate (tessuti urbani cresciuti gradualmente e spontaneamente attraverso la storia) difficilmente si può riconoscere un solo centro ben preciso, ma il più delle volte se ne trovano di differenti. Ogni modello ha in sé una caratteristica, tale da renderlo uno strumento utile per la gestione delle centralità in sistemi spaziali reali e a tutte le scale, aiutando i responsabili decisionali in modo diretto ed efficiente ad avere un'assistenza scientifica che basa lo studio dei processi di pianificazione o progettazione architettonica e urbana sulle centralità. Lo stesso approccio viene sperimentato anche in settori più specifici di pianificazione e gestione dei trasporti: come possiamo migliorare le prestazioni di un sistema di trasporto pubblico aggiungendo solo una certa quantità di linee e fermate? Può essere un progetto di estensione del sistema di trasporto proposto a dare le giuste risposte alle esigenze di una comunità?

L'applicazione dell'analisi UNA a questioni di pianificazione dei trasporti e quindi anche della città, è una delle principali direzioni di sviluppo per l'attuale ricerca. Gli strumenti UNA sono adatte all'analisi della rete spaziale in quanto possono rappresentare sia la geometria che la topologia nelle reti di input, usando la distanza metrica (per esempio tester) o la distanza topologica (per esempio giri) come fattori di impedenza nell'analisi; differentemente dagli strumenti dei software precedenti che operano con due elementi di rete (nodi e spigoli), gli strumenti UNA includono un terzo tipo di elementi di rete – edifici o strade utilizzati come unità di analisi spaziale per tutte le misure. Due edifici limitrofi sugli stessi segmenti di strada possono quindi ottenere risultati di accessibilità differenti; consentono di ponderare gli edifici o le strade in base alle loro caratteristiche particolari – più voluminosi, più popolati, o altrimenti strade più importanti possono essere specificate per avere un effetto proporzionalmente più forte sugli esiti, ottenendo risultati più precisi e affidabili a una qualsiasi delle misure specificate.

Riferimenti bibliografici

- Batty M. (2014), *The new science of cities*, The MIT Press Cambridge
- Batty M. (2007), "Model Cities", in *The Town Planning Review*, 78: 125-151
- Batty M. (2008), "The Size, Scale, and Shape of Cities", in *Science, New Series*, 319: 769-771
- Batty M. (2002), A decade of GIS: what next?, in *Environment and Planning B: Planning and Design 2002*, 29: 157-158
- Batty M., Xie Y. (1995), "Morphology from imagery: detecting and measuring the density of urban land use" in *Environment and Planning A*, 27: 759-780
- Keith C. (2014), "Why simulate cities?" in *GeoJournal, Special Issue on GIS & Built Environment*, 79: 129-136
- Hillier B., Hanson J. (1984), *The social logic of space*, Cambridge University Press
- Porta S., Latora V., Latora L., Wang F., Rueda S., Strano E., Scellato S., Cardillo A., Belli E., Cárdenas F., CORMENZANA B. (2011), "Street Centrality and the Location of Economic Activities in Barcelona", in *Urban Studies* 1-18
- Porta S., Crucitti P., Latora V. (2008), "Multiple centrality assessment in Parma: a network analysis of paths and open spaces", in *Urban Design International*, 13: 41-50
- Porta S., Crucitti P., Latora V. (2005), "The network analysis of urban streets: A dual approach", in *Physica A* 369: 853-866
- Sevtsuk A., Kalvo R., Ekmekci O. (2016), "Pedestrian accessibility in grid layouts: the role of block, plot and street dimensions", in *Urban Morphology*, 20(2): 89-106
- Sevtsuk A., Mekonnen M. (2012); "Urban network analysis: A new toolbox for ArcGIS", in *Revue internationale de géomatique*, 2: 287-305
- Sevtsuk A., Ratti C. (2010) "Does Urban Mobility Have a Daily Routine? Learning from the Aggregate Data of Mobile Networks", in *Journal of Urban Technology*, 17(1): 41-60
- Sevtsuk A. (2010), "Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville, MA"